

Отчёт по лабораторной работе №23  
Инжекционные полупроводниковые лазеры

Плюскова Н.

17 января 2024 г.

# 1. Цель работы

1. Ознакомиться с основными принципами работы лазерных светодиодов;
2. Исследовать зависимость мощности излучения светодиодов и лазера от мощности накачки;
3. Получить и изучить спектральные характеристики светодиодов.

## 2. Результаты эксперимента и обработка данных

### 1. Ватт-ваттные характеристики

Используя данные (см. таблица 2-5), получим зависимости мощности излучения от мощности накачки для светодиодов и лазера, поточечно меняя ток и напряжение накачки (мощность накачки рассчитывалась по формуле  $P_{pump} = U \cdot I$ ). Полученные зависимости аппроксимируем, соответствующие параметры указаны на графиках (см. рис.1-4)

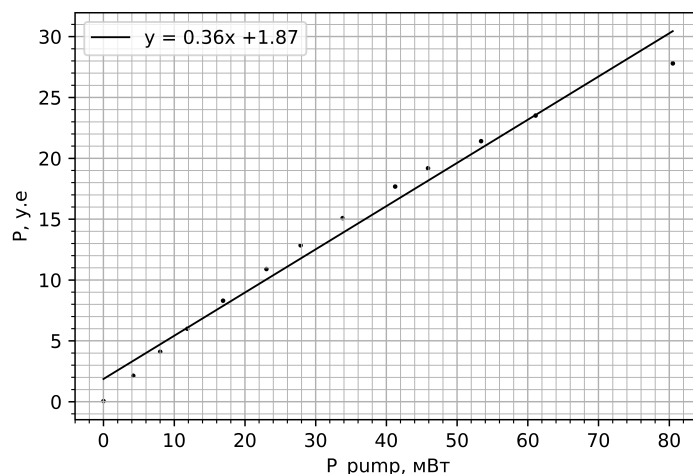


Рис. 1: Ватт-ваттная характеристика красного светодиода

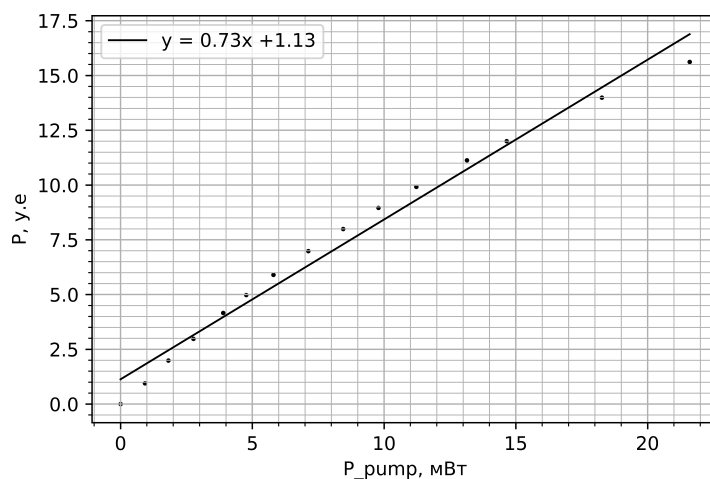


Рис. 2: Ватт-ваттная характеристика синего светодиода

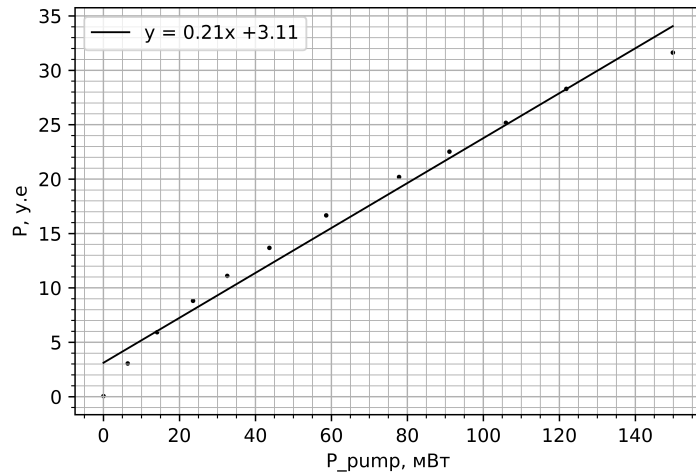


Рис. 3: Ватт-ваттная характеристика зеленого светодиода

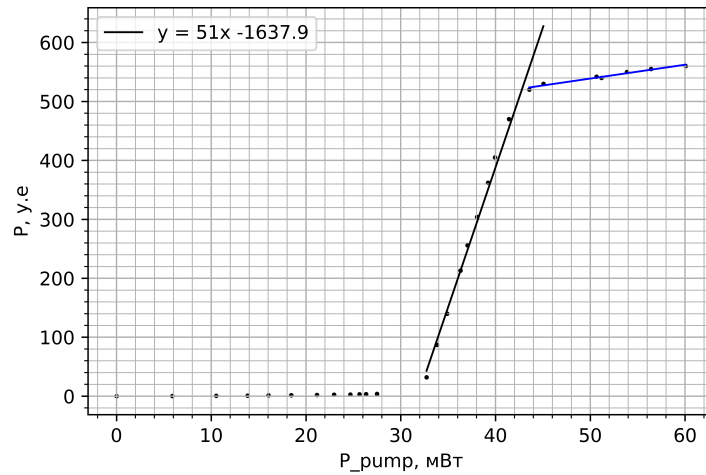


Рис. 4: Ватт-ваттная характеристика красного лазера

Используя ватт-ваттную характеристику красного лазера, найдем пороговую мощность  $P_{\text{порог}}$  и мощность насыщения  $P_{\text{нас}}$ :

$$P_{\text{порог}} = 31,8 \text{ мВт}, P_{\text{нас}} = 42,8 \text{ мВт}$$

## 2. Спектральные характеристики

Используя полученные данные (см. таблица 6-11), исследуем зависимость спектра излучения инжекционного полупроводникового лазера и светодиодов от мощности накачки производится, измерив детектируемую длину волны и фиксируя напряжения при постоянной мощности накачки (см. рис.5-9). Ширина линии и центральная длина волны указаны в таблице 1.

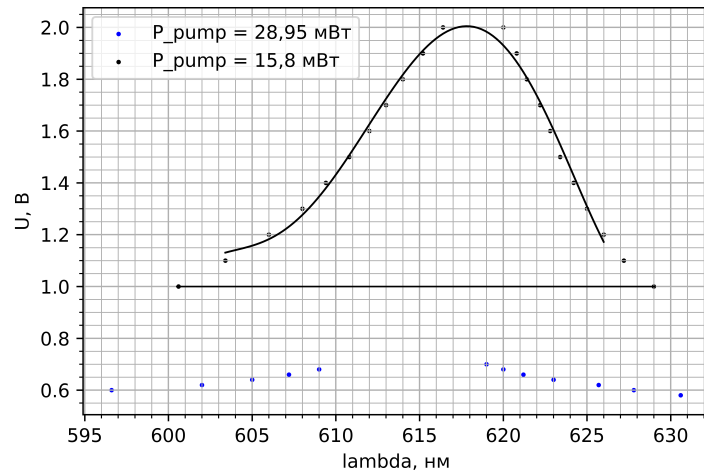


Рис. 5: Спектральная характеристика красного светодиода

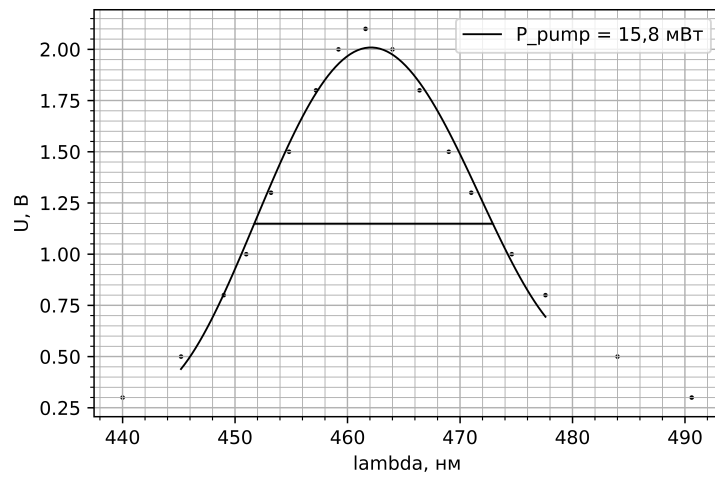


Рис. 6: Спектральная характеристика синего светодиода

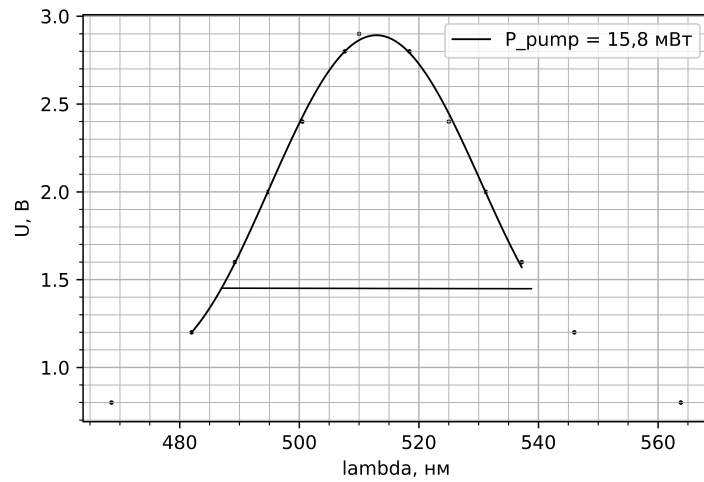


Рис. 7: Спектральная характеристика зеленого светодиода

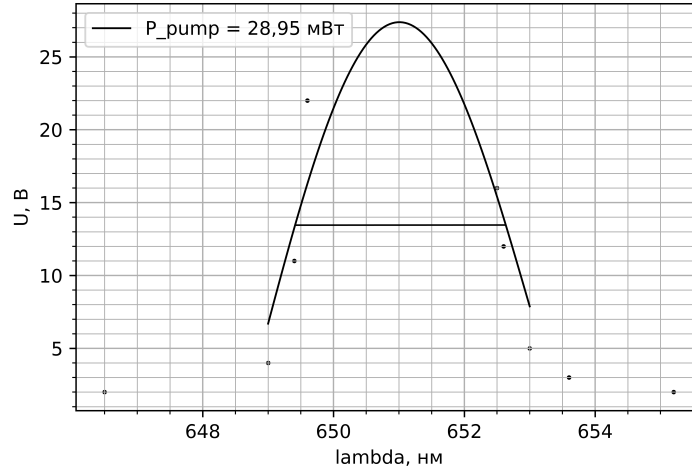


Рис. 8: Спектральная характеристика красного лазера при  $P_{pump} = 28,95$  мВт

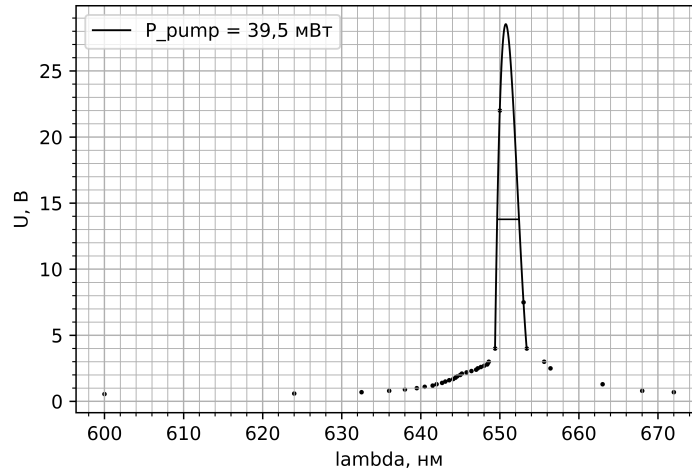


Рис. 9: Спектральная характеристика красного лазера при  $P_{pump} = 39,5$  мВт

|  | $\lambda_{peak}$ , нм | $\Delta\lambda$ , нм |
|--|-----------------------|----------------------|
| Красный лазер, $P_{pump} = 39,5$ мВт     | 652                   | 9                    |
| Красный лазер, $P_{pump} = 28,95$ мВт    | 651                   | 3                    |
| Красный светодиод, $P_{pump} = 15,8$ мВт | 618                   | 29                   |
| Синий светодиод, $P_{pump} = 15,8$ мВт   | 462                   | 21                   |
| Зеленый светодиод, $P_{pump} = 15,8$ мВт | 513                   | 50                   |

Таблица 1: Характеристики спектра

Используя спектральные характеристики красного лазера для разных мощностей накачки (см. рис.8-9 и таблицу1), можно сделать вывод, что при уменьшении мощности накачки амплитуда выходного излучения падает, а с увеличением мощности накачки полоса генерации становится шире.

### 3. Выводы

- Рост мощность накачки увеличивает ширину спектра излучения лазера, не меняя частоту генерации;
- Рост мощность накачки увеличивает ширину спектра излучения диода, снижая частоту генерации;
- Диоды имеют линейную ватт-ваттную характеристику;
- Лазер имеет линейную ВВХ в диапазоне мощностей накачки от 32 до 42 мВт;
- КПД диодов (определяется коэффициентом наклона аппроксимирующей прямой): красный 36%, зеленый 21%, синий 73%;

## 4. Приложение

| $P$ , у.е. | $P_{pump}$ , мВт |
|------------|------------------|
| 0,05       | 0,00             |
| 3,05       | 6,37             |
| 5,93       | 14,11            |
| 8,81       | 23,56            |
| 11,10      | 32,55            |
| 13,68      | 43,66            |
| 16,67      | 58,63            |
| 20,20      | 77,81            |
| 22,52      | 91,06            |
| 25,18      | 105,91           |
| 28,30      | 121,82           |
| 31,63      | 149,85           |

Таблица 2: Ватт-ваттная характеристика зеленого светодиода

| $P$ , у.е. | $P_{pump}$ , мВт |
|------------|------------------|
| 0,05       | 0,00             |
| 2,14       | 4,19             |
| 4,11       | 8,01             |
| 6,00       | 11,86            |
| 8,30       | 16,91            |
| 10,90      | 23,04            |
| 12,85      | 27,87            |
| 15,09      | 33,82            |
| 17,68      | 41,23            |
| 19,19      | 45,88            |
| 21,41      | 53,38            |
| 23,52      | 61,09            |
| 27,80      | 80,49            |

Таблица 3: Ватт-ваттная характеристика красного светодиода

| $P$ , у.е. | $P_{pump}$ , мВт |
|------------|------------------|
| 0,00       | 0,00             |
| 0,95       | 0,93             |
| 1,99       | 1,82             |
| 2,98       | 2,77             |
| 4,16       | 3,89             |
| 4,98       | 4,77             |
| 5,90       | 5,80             |
| 6,98       | 7,13             |
| 7,99       | 8,45             |
| 8,96       | 9,78             |
| 9,92       | 11,23            |
| 11,13      | 13,14            |
| 12,00      | 14,65            |
| 13,99      | 18,26            |
| 15,62      | 21,60            |

Таблица 4: Ватт-ваттная характеристика синего светодиода



| $P$ , у.е. | $P_{pump}$ , мВт |
|------------|------------------|
| 0,05       | 0,00             |
| 0,32       | 5,89             |
| 0,68       | 10,52            |
| 1,00       | 13,83            |
| 1,27       | 16,04            |
| 1,6        | 18,44            |
| 2,05       | 21,15            |
| 2,43       | 22,95            |
| 2,84       | 24,68            |
| 3,13       | 25,65            |
| 3,4        | 26,35            |
| 3,88       | 27,50            |
| 32,00      | 32,72            |
| 87,00      | 33,84            |
| 140,00     | 34,89            |
| 213,00     | 36,31            |
| 256,00     | 37,04            |
| 304,00     | 38,05            |
| 362,00     | 39,20            |
| 405,00     | 39,94            |
| 470,00     | 41,42            |
| 520,00     | 43,57            |
| 530,00     | 45,05            |
| 540,00     | 51,19            |
| 542,00     | 50,66            |
| 550,00     | 53,87            |
| 555,00     | 56,42            |
| 560,00     | 60,08            |

Таблица 5: Ватт-ваттная характеристика красного лазера

| $\lambda$ , нм | $V$ , В |
|----------------|---------|
| 468,6          | 0,8     |
| 482,0          | 1,2     |
| 489,2          | 1,6     |
| 494,8          | 2,0     |
| 500,5          | 2,4     |
| 507,6          | 2,8     |
| 510,0          | 2,9     |
| 518,4          | 2,8     |
| 525,0          | 2,4     |
| 531,2          | 2,0     |
| 537,2          | 1,6     |
| 546,0          | 1,2     |
| 563,8          | 0,8     |

Таблица 6: Спектральная характеристика зеленого светодиода при  $P_{pump} = 15,8$  мВт

| $\lambda$ , нм | $V$ , В |
|----------------|---------|
| 600,6          | 1,0     |
| 603,4          | 1,1     |
| 606,0          | 1,2     |
| 608,0          | 1,3     |
| 609,4          | 1,4     |
| 610,8          | 1,5     |
| 612,0          | 1,6     |
| 613,0          | 1,7     |
| 614,0          | 1,8     |
| 615,2          | 1,9     |
| 616,4          | 2,0     |
| 620,0          | 2,0     |
| 620,8          | 1,9     |
| 621,4          | 1,8     |
| 622,2          | 1,7     |
| 622,8          | 1,6     |
| 623,4          | 1,5     |
| 624,2          | 1,4     |
| 625,0          | 1,3     |
| 626,0          | 1,2     |
| 627,2          | 1,1     |
| 629,0          | 1,0     |

Таблица 7: Спектральная характеристика красного светодиода при  $P_{pump} = 15,8$  мВт

| $\lambda$ , нм | $V$ , В |
|----------------|---------|
| 596,6          | 0,60    |
| 602,0          | 0,62    |
| 605,0          | 0,64    |
| 607,2          | 0,66    |
| 609,0          | 0,68    |
| 619,0          | 0,7     |
| 620,0          | 0,68    |
| 621,2          | 0,66    |
| 623,0          | 0,64    |
| 625,7          | 0,62    |
| 627,8          | 0,60    |
| 630,6          | 0,58    |

Таблица 8: Спектральная характеристика красного светодиода при  $P_{pump} = 28,95$  мВт

| $\lambda$ , нм | $V$ , В |
|----------------|---------|
| 440,0          | 0,3     |
| 445,2          | 0,5     |
| 449,0          | 0,8     |
| 451,0          | 1,0     |
| 453,2          | 1,3     |
| 454,8          | 1,5     |
| 457,2          | 1,8     |
| 459,2          | 2,0     |
| 461,6          | 2,1     |
| 464,0          | 2,0     |
| 466,4          | 1,8     |
| 469,0          | 1,5     |
| 471,0          | 1,3     |
| 474,6          | 1,0     |
| 477,6          | 0,8     |
| 484,0          | 0,5     |
| 490,6          | 0,3     |

Таблица 9: Спектральная характеристика синего светодиода при  $P_{pump} = 15,8$  мВт

| $\lambda$ , нм | $V$ , В |
|----------------|---------|
| 646,5          | 2       |
| 649            | 4       |
| 649,6          | 22      |
| 649,4          | 11      |
| 652,5          | 16      |
| 652,6          | 12      |
| 653            | 5       |
| 653,6          | 3       |
| 655,2          | 2       |

Таблица 10: Спектральная характеристика красного лазера при  $P_{pump} = 28,95$  мВт

| $\lambda$ , нм | $V$ , В |
|----------------|---------|
| 600,0          | 0,6     |
| 624,0          | 0,6     |
| 632,5          | 0,7     |
| 636,0          | 0,8     |
| 638,0          | 0,9     |
| 639,5          | 1,0     |
| 640,5          | 1,1     |
| 641,5          | 1,2     |
| 642,0          | 1,3     |
| 642,7          | 1,4     |
| 643,1          | 1,5     |
| 643,6          | 1,6     |
| 644,1          | 1,7     |
| 644,4          | 1,8     |
| 644,6          | 1,9     |
| 645,0          | 2,0     |
| 645,2          | 2,1     |
| 645,8          | 2,2     |
| 646,4          | 2,3     |
| 647,0          | 2,4     |
| 647,2          | 2,5     |
| 647,6          | 2,6     |
| 648,0          | 2,7     |
| 648,4          | 2,8     |
| 648,5          | 2,9     |
| 648,6          | 3,0     |
| 649,4          | 4,0     |
| 650,0          | 22,0    |
| 653,0          | 7,5     |
| 653,4          | 4,0     |
| 655,6          | 3,0     |
| 656,4          | 2,5     |
| 663,0          | 1,3     |
| 668,0          | 0,8     |
| 672,0          | 0,7     |

Таблица 11: Спектральная характеристика красного лазера при  $P_{pump} = 39,5$  мВт